

## АКТИВАЦИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО АНОДА

**Введение.** Процесс активного окисления алюминия при электролизе, сопровождающийся переходом ионов в раствор, может осложняться наступлением пассивного состояния. Анодная пассивность характеризуется резким торможением процесса растворения металла по достижении определенного потенциала и возрастом полиаризации с одновременным падением проходящего через электролит тока [1,2]. При установлении пассивного состояния физико-химические и электрохимические свойства металла по отношению к жидкости заменяются в значительной степени свойствами защитной оксидной пленки.

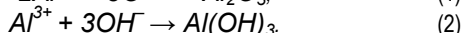
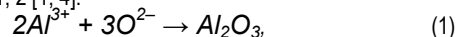
Пассивная пленка или адсорбционный слой, тормозящие процесс ионизации металла, снижают электрогенерацию коагулянта, тем самым, замедляют процесс электрокоагуляционной очистки природной воды от загрязнений. Поэтому особое значение приобретает разработка способа активации электрохимического процесса растворения алюминиевого анода в природной воде с целью стабильного получения коагулянта с повышенной адсорбционной активностью.

**1. Природа пассивности металлов.** Характер анодного поведения металла зависит от многих факторов. Металл, растворение которого происходит под действием анодной поляризации, может при изменении условий потерять эту способность и превратиться в нерастворимый анод, что представляет собой частный случай *пассивности металлов*.

Анодная пассивность металлов выражается в резком торможении процессов растворения металлов по достижении определенного потенциала. Явление пассивации было открыто М. Ломоносовым и описано им в 1738 г. в «Диссертации о действии химических растворителей вообще» [3].

Пассивное состояние металлов было замечено в 1857 г. Вуффом и Веллером, которые при электролизе в растворе некоторых кислот наблюдали образование на алюминиевом аноде прочной стекловидной пленки и падение силы тока во времени [1].

Явление повышенной устойчивости металла к растворению, обусловленное торможением анодного процесса, или пассивацией электродов, объясняется образованием на поверхности алюминиевого анода фазовой, оксидной или гидроксидной пленок в соответствии с реакциями 1, 2 [1, 4]:



Оксидные пленки на поверхности металла могут образовываться и в результате химического взаимодействия с окислителем.

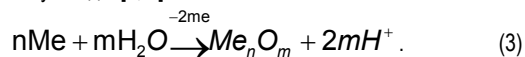
Толщина и свойства оксидной пленки зависят от условий ее образования [5]. Она может иметь размеры от 40–50, 80–100, 50–1000 до 1100–4000 Å\*. Свойства оксидной пленки зависят от ее состава и структуры (таблица 1). На механизм пассивации и природу пассивных пленок существуют две теории – пленочная и адсорбционная [1, 3, 6]. Пленочная теория пассивности объясняет переход металла из актив-

ного состояния в пассивное образованием на его поверхности тонкой и невидимой фазовой полимолекулярной оксидной пленки, отделяющей металл от окружающей среды и препятствующей его растворению. Основными факторами, определяющими процесс пленочной теории пассивности, являются потенциал металла, концентрация его ионов и гидроксильных ионов. Для обеспечения устойчивого состояния данного оксида, потенциал металла должен быть достаточно положительным. Концентрации металлических и гидроксильных ионов должны быть достаточно велики, чтобы стало возможным образование соответствующих основных солей или гидроксидов, последующие превращения которых приводят к пассивирующим оксидам. Пассивность наступает тем легче, чем выше анодная поляризация при анодном растворении металла и чем ниже скорость удаления ионов металла от поверхности электрода [3].

Согласно адсорбционной теории пассивации наступление пассивного состояния не обязательно связано с образованием полимолекулярной оксидной пленки. Часто наблюдается, что для перехода металла в пассивное состояние требуется совсем незначительное количество кислорода, неспособного образовать на поверхности даже монослой. Торможение процесса растворения объясняется адсорбцией на поверхности металла атомов кислорода, появление которых в результате разряда ионов  $OH^-$  (или молекул воды) может происходить при потенциалах более низких, чем те, при которых выделяется кислород или образуются оксиды. Адсорбированные атомы кислорода пассивируют металл либо в результате создания на его поверхности сплошного мономолекулярного слоя, либо в результате блокирования наиболее активных участков поверхности, либо в результате изменения эффективной величины скачка потенциала на границе «металл–раствор».

Сторонники адсорбционной теории также считают, что процесс торможения анодного растворения металла может наступать и за счет образования на нем поверхностных адсорбционных и хемосорбционных соединений. Таким образом, и пленочный и адсорбционный механизм дает единое представление о пассивности металла, а наступление пассивности связывается с уменьшением скорости анодной реакции. Поэтому пассивность и определяется как состояние повышенной устойчивости металла (или сплава), обусловленное торможением анодного процесса [2].

В большинстве современных исследований принимают, что пассивная оксидная пленка является продуктом анодного адсорбционно-электрохимического процесса, протекающего с участием атомов металла и молекул воды [7, 8]:



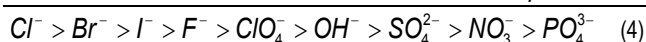
Мешают образованию и способствуют разрушению пассивной пленки ионы-активаторы [1]. По своей способности к активации пассивных электродов анионы располагаются в следующем порядке:

Таблица 1

Состав оксидной пленки	Структура кристаллической решетки	Плотность
$\alpha-Al_2O_3$	гексагональная	4,0
$\beta-Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	моноклинная	2,5
$\gamma-Al_2O_3$	кубическая	3,7
$Al_2O_3 \cdot H_2O$	орторомбическая	3,4

**Яловая Наталья Петровна**, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета, ул. Московская, 267, БрГТУ, 224017, г. Брест, Беларусь.

\* Å – ангстрем ( $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$ )



Степень активности алюминиевого анода в значительной мере определяется видом и концентрацией анионов электролита [9]. Из всех анионов на активность алюминиевого анода наибольшее влияние оказывает хлорид-ион.

Анионы хлора  $Cl^-$  значительно ускоряют анодное растворение металлов. Они способствуют образованию на поверхности пассивного металла питтингов. Механизм активирующего действия анионов хлора связан с их небольшими геометрическими размерами и большой проникающей способностью через пассивирующую пленку, что приводит к ее полному или локализованному разрушению [10].

Хлорид-ионы активизируют алюминиевый анод, сильно замедляют процесс образования оксидной пленки и устраняют пассивирующее действие кислорода, адсорбционно вытесняя его с поверхности металла. Активирующее действие хлорид-ионов связывают с их способностью максимально пептизировать вещество пленки [1, 7].

Скорость коррозии алюминия в нейтральных и кислых растворах в присутствии хлорид-ионов в 1000 раз выше, чем в присутствии сульфат-ионов в том же эквивалентном количестве [11]. В щелочных растворах скорость коррозии алюминия не зависит от природы присутствующего в растворе аниона и имеет практически одинаковые значения.

Полное угнетение активирующего действия хлорид-ионов на пассивную оксидную пленку происходит при повышении концентрации сульфат-ионов по отношению к постоянной концентрации в воде хлорид-ионов [8, 11]. Схема формирования пассивной анодной пленки при влиянии на процесс ее образования и разрушения различных анионов представлена на рис. 1.

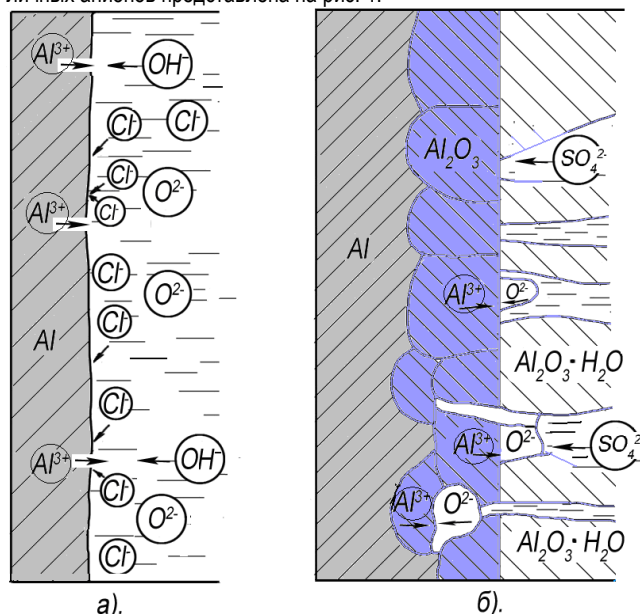


Рис. 1. Формирование пассивной оксидной пленки при влиянии хлорид- (а) и сульфат-ионов (б)

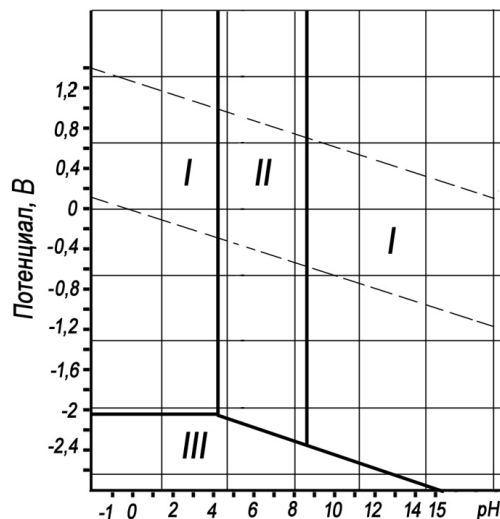
Определенное влияние на увеличение скорости растворения образовавшейся пассивной пленки, уменьшение ее толщины и снижение пассивирующих свойств оказывает изменение температуры воды [12]. С ростом температуры пленка становится рыхлой, легкоудаляемой с поверхности алюминия [13]. В присутствии анионов хлора с повышением температуры разрушение оксидной пленки усиливается, т.к. развивается процесс хемсорбции [14].

Известно [15], что скорость химического растворения алюминия зависит от чистоты электродного материала. Легирующие элементы в алюминиевом сплаве интенсифицируют процесс его анодного растворения. Причем, интенсифицирующее влияние добавок зависит от их количества и условий протекания процесса. В кислых и нейтральных средах наибольшую скорость электрохимического растворения имеют сплавы, в состав которых входит до 1 % меди и

марганца. Введение в сплав 0,5% магния заметно замедляет растворение алюминия в щелочных средах, т.к. на его поверхности образуется оксидная пленка, содержащая нерастворимый в этой среде гидроксид магния [16]. Поэтому при выборе в качестве электродного материала алюминия необходимо обязательно учитывать его марку и состав сплава, особенно при использовании алюминия для очистки природной воды для хозяйственно-питьевых целей.

Предотвращает образование на электроде оксидной пленки, уменьшает поляризацию и расход электроэнергии, а также повышает генерацию алюминия увеличение скорости движения воды в межэлектродном пространстве [4].

Пассивность металла, его коррозионная стойкость, а также потенциал металла и его сплавов в значительной степени зависят от pH среды [1,3] и могут прогнозироваться диаграммами Пурбе (рис. 2) [15].



Области: I - коррозии; II - пассивности; III - катодной защиты  
Рис. 2. Диаграмма Пурбе для алюминия

Однако на пассивность металла и скорость его коррозии при изменении pH непосредственно будет оказывать влияние то вещество, которым понижается или повышается кислотность среды [3]. Поэтому выделенные на диаграммах области коррозии, пассивности и катодной защиты не могут оставаться постоянными при изменении минерального состава природной воды и других факторов.

Таким образом, анализ и критическое рассмотрение литературных данных о природе пассивации алюминиевого анода показали необходимость исследования ряда факторов (состава маломинерализованных природных вод, плотности тока, напряжения на электродах и др.), способных активировать электрохимический процесс растворения алюминиевого анода и повысить его защиту от пассивации.

**2. Исследование факторов, повышающих активацию алюминиевого анода.** Образование пассивной пленки на поверхности алюминиевого анода тормозит процесс ионизации металла, сообщая ему свойства инертного электрода. Некоторые исследователи рекомендуют для повышения активации электродов менять на них полярность через определенные промежутки времени. При этом сдвиг потенциала в отрицательную сторону может привести к разрушению пассивной пленки, десорбции кислорода и переходу металла в растворимое, активное состояние. Однако после переключения полярности может резко понизиться сила тока, уменьшится выход по току процесса анодного растворения алюминия и электрогенерация коагулянта [18].

С целью поиска надежного метода защиты алюминиевого анода от пассивации в процессе электролиза был проведен выбор электродного материала, выяснена способность основных анионов активировать растворение алюминиевого анода, и проведены поляризационные измерения алюминиевого анода.

Экспериментальные исследования проводились на воде р. Мухавец в динамических условиях на лабораторной электролизной

Таблица 2. Характеристика показателей процесса электролиза при использовании различных катодных материалов

Показатели	$t_{э}, ч$						
	0	1	8	24	120	180	240
<b>Вариант 1</b>							
$I, A$	0,9	1,3	1,4	0,2	-	-	-
$B_T^{Al^{3+}}, \%$	98,8	112,3	114,0	35,1	-	-	-
$\Delta m_{теор}^{Al^{3+}}, мг/А-ч$	302,04	436,3	469,8	67,2	-	-	-
$\Delta m_{пр}^{Al^{3+}}, мг/А-ч$	298,7	489,9	535,6	23,6	-	-	-
<b>Вариант 2</b>							
$I, A$	1,5	1,7	1,8	1,8	1,1	0,2	-
$B_T^{Al^{3+}}, \%$	100,2	112,8	113,5	115,4	100,6	26,4	-
$\Delta m_{теор}^{Al^{3+}}, мг/А-ч$	503,4	570,5	604,1	604,1	369,2	67,1	-
$\Delta m_{пр}^{Al^{3+}}, мг/А-ч$	504,4	643,5	685,6	697,1	371,4	17,7	-
<b>Вариант 3</b>							
$I, A$	1,5	1,6	1,7	1,7	1,45	1,3	0,3
$B_T^{Al^{3+}}, \%$	101,9	114,5	114,7	115,8	110,2	108,6	40,8
$\Delta m_{теор}^{Al^{3+}}, мг/А-ч$	503,4	537,0	570,5	570,5	486,6	436,3	100,7
$\Delta m_{пр}^{Al^{3+}}, мг/А-ч$	513,0	614,8	654,4	660,6	536,3	473,8	41,1

Примечание:  $U = 10 В$ ;  $Q_{вод.} = 0,5 м^3/ч$ .

Таблица 3. Влияние хлорид- и сульфат-ионов на растворение алюминиевого анода

Показатели	$t_{э}, ч$							
	начало	1	8	24	60	120	180	240
<b>1,0 ммоль/дм<sup>3</sup> NaCl</b>								
$I, A$	2,25	2,6	2,7	2,8	2,9	2,6	2,6	2,6
$B_T^{Al^{3+}}, \%$	117,0	122,0	124,2	123,8	123,5	124,9	123,7	123,2
$\Delta m_{теор}^{Al^{3+}}, мг/ч$	771,9	872,6	906,1	939,7	973,2	906,1	906,1	906,1
$\Delta m_{пр}^{Al^{3+}}, мг/ч$	903,1	1064,5	1125,4	1163,3	1201,9	1131,7	1120,8	1116,3
<b>1,0 ммоль/дм<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>								
$I, A$	1,65	1,7	1,7	1,6	1,35	0,4	-	-
$B_T^{Al^{3+}}, \%$	112,5	110,5	102,5	99,0	77,5	40,0	-	-
$\Delta m_{теор}^{Al^{3+}}, мг/ч$	553,7	570,5	570,5	537,0	453,0	134,2	-	-
$\Delta m_{пр}^{Al^{3+}}, мг/ч$	623,0	630,4	584,8	531,6	351,1	53,7	-	-

установке, в емкости которой размещался пакет электродов из пяти анодных и пяти катодных пластин. Исследования велись с использованием алюминиевых анодов (А6) и катодов: из алюминия А6 (вариант 1), нелегированной стали Ст. 3 (вариант 2) и нержавеющей стали 08Х18Н10 (вариант 3). Прекращением эксперимента было резкое уменьшение выхода по току процесса анодного растворения алюминия или полное разрушение анода. За состоянием поверхности алюминиевого анода, процессом образования на электродах осадков постоянно велось наблюдение. Периодически определяли выход по току и силу тока. Данные проведенных исследований представлены в таблице 2.

Во всех экспериментальных вариантах через некоторое время при непрерывной работе электролизера наблюдалось снижение выхода по току процесса анодного растворения алюминия. Резкое снижение выхода по току и силы тока (после 8-часовой непрерывной работы) было отмечено в опытах с катодом варианта 1: сила тока снижалась на 1,2 А, а выход по току – на 78,9%. В опытах с катодами вариантов 2 и 3 такое же явление наблюдалось после 24-часовой непрерывной работы: снижение силы тока на 1,6 и 1,4 А; выхода по току на 89 и 75% соответственно.

Анализ полученных данных показал, что наиболее благоприятно процесс электролиза протекал в электролизере с катодом из нержавеющей стали (вариант 3): растворение анодных пластин происходило равномерно, выход по току процесса анодного растворения алюминия в течение 180 часов оставался практически постоянным (105–115%).

В процессе электролиза со временем на поверхности всех катодных электродных пластин (варианты 1–3) образовывался плотный желтовато-серый осадок карбонатных солей жесткости (в значительном количестве на катоде из нержавеющей стали). Проведенные эксперименты подтвердили первоначальный выбор катодного материала из нержавеющей стали.

Анализ исследований по влиянию анионного состава воды на процесс растворения алюминиевого анода при электролизе показал неэффективность протекания процесса в гидрокарбонатных растворах, т.к. из-за быстрой пассивации алюминиевого анода в этих условиях резко снижается выход по току процесса анодного растворения алюминия [19]. Поэтому для поиска способа эффективной защиты алюминиевого анода от пассивации в маломинерализованных природных водах использовались полученные данные по способности

Таблица 4. Влияние основных анионов природных вод на величину потенциала алюминиевого анода  $\Phi$  (В)

1,0 ммоль/дм <sup>3</sup> раствор	$t_z$ , мин.									
	0	10	20	40	60	80	100	120	140	
NaCl	-0,6	-0,48	-0,52	-0,59	-0,6	-0,6	-0,59	-0,59	-0,59	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-0,3	-0,2	-0,19	-0,05	0	+0,15	+0,16	+0,13	+0,2	
NaHCO <sub>3</sub>	-0,5	-0,39	0	+1,04	-	-	-	-	-	

ионов-активаторов ускорять растворение алюминиевого анода. Эксперимент проводился на модельной воде с добавлением 1,0 ммоль/дм<sup>3</sup> хлорида и сульфата натрия. Результаты исследований представлены в таблице 3.

При протекании электролиза в хлоридных растворах в течение первых суток было отмечено некоторое увеличение силы тока (с 2,25 до 2,9 А) и выхода по току процесса анодного растворения алюминия (с 117,0 до 124,2%), затем значения показателей становились практически неизменным до момента прекращения процесса электролиза. Растворение алюминиевого анода было равномерным, образования осадка на анодных пластинах не происходило. На поверхности катода из нержавеющей стали наблюдался тонкий налет светло-серого карбонатного осадка.

В сульфатных растворах уже через 24 часа наблюдалось снижение силы тока и выхода по току процесса анодного растворения алюминия, а к 120 часам значения снизились соответственно до 0,4 А и 40,0%. Поверхность алюминиевых пластин была покрыта светло-серым гелеобразным осадком, содержащим преимущественно ионы алюминия, который мешал эффективному растворению алюминиевого анода из-за закупорки межэлектродного пространства. После очистки электродов от осадков на их поверхности наблюдалась питтинговая коррозия.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность интенсификации не только электрохимического, но и химического растворения алюминиевого анода путем введения в электролит дополнительных количеств хлорид-ионов, что обеспечивает эффективную активацию анода.

**3. Результаты потенциостатических исследований активации алюминиевого анода.** Потенциостатические исследования подтвердили влияние анионного состава воды на активацию алюминиевого анода и показали, что в гидрокарбонатных растворах происходит резкое смещение во времени потенциала алюминиевого анода в положительную сторону, в сульфатных средах этот процесс протекает более медленно, а в хлоридных средах потенциал анода в течение длительного времени остается практически неизменным (таблица 4). Поэтому эффективным способом активации электрохимического процесса растворения алюминиевого анода и его защиты от пассивации является проведение электролиза в присутствии хлорид-ионов.

Для подтверждения активации электрохимического процесса растворения алюминиевого анода в хлоридной среде были проведены поляризационные измерения с помощью потенциостатического комплекса в составе потенциостата ПИ 50.1.1 в комплекте с программатором ПР-8. В качестве электрода сравнения использовался хлорсеребряный электрод. Все электродные приведенные потенциалы пересчитаны в шкалу нормального водородного электрода. Перед снятием поляризационной кривой электрод подвергался щелочному обезжириванию в течение 5 мин., промывке дистиллированной водой; травлению в NaOH при 60°C в течение 0,5 мин., предварительной катодной поляризации при потенциале на 200 мВ отрицательнее бестокового значения потенциала электрода в каждом исследуемом электролите. Время предварительной поляризации 5 мин. Потенциал смещался в анодную сторону с шагом 30–50 мВ с выдержкой тока 0,5 мин. Исследования проводились на природной воде без добавления и с добавлением 0,1, 0,2 и 0,25 ммоль/дм<sup>3</sup> хлорид-ионов. Поляризационные кривые представлены на рисунках 3, 4, 5.

Как следует из потенциометрических измерений, бестоковый потенциал алюминиевого электрода в природной воде без добавления хлорид-ионов (рис. 3) имеет достаточно положительное значение по

сравнению с потенциалом стандартного алюминиевого электрода. Это подтверждает образование пассивной оксидной пленки на поверхности алюминиевого анода. Сдвиг потенциала в анодную сторону приводит к увеличению скорости анодного процесса, а именно окислению алюминия и образованию новых активных слоев. В области потенциалов 1,2–1,3 В наблюдается снижение анодного тока, обусловленного образованием на поверхности алюминия оксидной пленки. Дальнейший рост потенциала анода приводит к существенному увеличению скорости анодного процесса за счет выделения кислорода. В данных условиях электролиза перенапряжение выделения кислорода составляет порядка 0,7 В, что связано с особенностью процесса выделения кислорода на алюминиевом аноде и низкой скоростью окисления воды в нейтральных растворах.

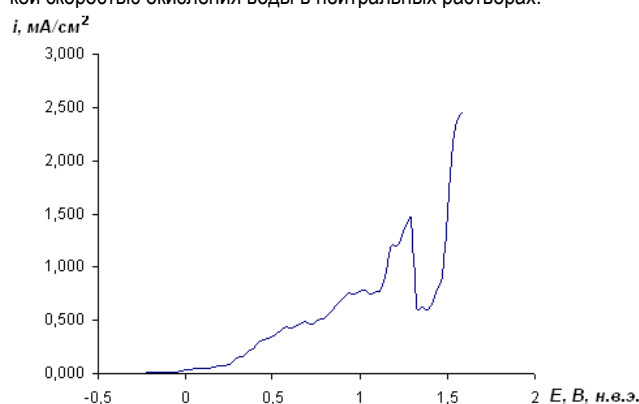
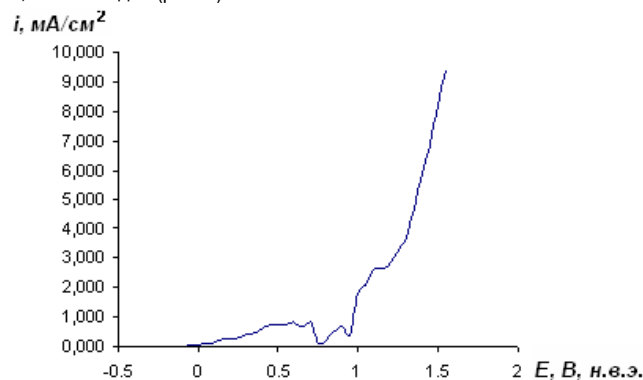


Рис. 3. Поляризационная кривая алюминиевого электрода в природной воде без добавления хлорид-ионов

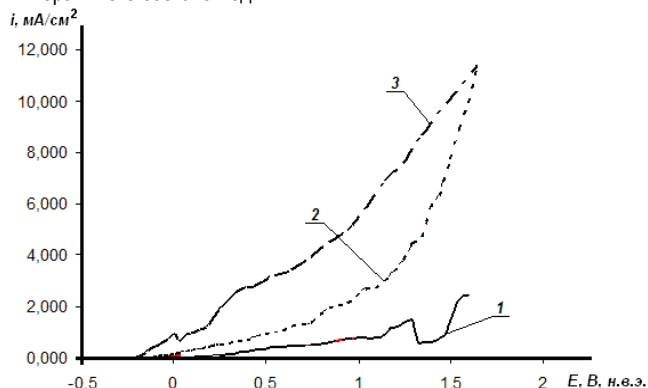
Введение в электролит 0,1 ммоль/дм<sup>3</sup> хлорид-ионов (рис. 4) приводит к незначительному сдвигу бестокового потенциала алюминиевого электрода в катодную сторону, а с ростом анодного потенциала наблюдается увеличение скорости анодного процесса при 0,5 В в 2 раза.

В первую очередь это может быть связано с депассивацией анодной поверхности за счет вытеснения адсорбированного кислорода хлорид-ионами. Наиболее существенное влияние на анодное растворение алюминия оказывают хлорид-анионы при концентрации 0,25 ммоль/дм<sup>3</sup> (рис. 5).

Рис. 4. Поляризационная кривая алюминиевого электрода в природной воде с добавлением 0,1 ммоль/дм<sup>3</sup> хлорид-ионов

Плотность анодного тока при 0,3 В составляет 2,5 мА/см<sup>2</sup>. При более положительных потенциалах наблюдается снижение скорости процесса окисления алюминия и протекание анодного процесса в некоторых диффузионных затруднениях. Поэтому с целью снижения

процессов пассивации алюминиевого анода при анодной поляризации и активации электрохимического процесса растворения алюминиевого анода оптимальное значение плотности тока 1–4 мА/см<sup>2</sup> при концентрации хлорид-ионов не менее 0,25 ммоль/дм<sup>3</sup> от общего минерального состава воды.



1 – вода с добавлением 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,25 ммоль/дм<sup>3</sup> анионов Cl<sup>-</sup>  
**Рис. 5.** Поляризационные кривые алюминиевого электрода в природной воде с добавлением хлорид-ионов

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования по активации процесса растворения алюминиевого анода показали, что наиболее эффективно электролиз протекает при использовании катодного материала из нержавеющей стали и увеличении в воде концентрации хлорид-ионов до 0,25 ммоль/дм<sup>3</sup> от общей минерализации воды. При этом значительно повышается выход по току процесса анодного растворения алюминия за счет его активного электрохимического и химического растворения, и усиливается электрогенерация коагулянта гидроксида алюминия.

Приоритет разработанной технологии электрокоагуляционной очистки природных вод с активацией анодного растворения алюминия защищен заявкой на изобретение [20].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. – М.: Высшая школа, 1969. – 512 с.
2. Левин, А.И. Теоретические основы электрохимии / А.И. Левин. – М.: Металлургия, 1972. – 544 с.
3. Голубев, А.И. Анодное окисление алюминиевых сплавов / А.И. Голубев. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 86 с.
4. Палеолог, Е.Н. Электродные потенциалы алюминия с защитной пленкой разной толщины / Е.Н. Палеолог, Г.В. Акимов. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 160 с.

5. Акимов, Г.Б. Электрохимическое поведение алюминия в растворах с различными анионами / Г.Б. Акимов, Е.Н. Палеолог. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 220 с.
6. Эванс, Ю.Р. Коррозия и окисление металлов / Ю.Р. Эванс. – М.: Наука, 1962. – 368 с.
7. Кабанов, Б.Н. Электрохимия металлов и адсорбция / Б.Н. Кабанов. – М.: Наука, 1980. – 198 с.
8. Шрейдер, А.В. Коррозионная стойкость и применение алюминиевых сплавов на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах для изготовления конденсационно-холодильного и теплообменного оборудования / А.В. Шрейдер, Г.Л. Черепанова. – М.: ЦНИИТЭ Нефтехим, 1978. – 144 с.
9. Колотыркин, Я.М. Влияние анионов на кинетику растворения металлов / Я.М. Колотыркин // Успехи химии. – 1962. – Т. 51, вып. 3. – С. 326–328.
10. Акользин, П.А. Предупреждение коррозии металла паровых котлов / П.А. Акользин. – М.: Энергия, 1975. – 296 с.
11. Акимов, Г.В. Влияние температуры на скорость коррозии алюминия и некоторых алюминиевых сплавов / Г.В. Акимов, В.В. Романов. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 258 с..
12. Хитров, Б.А. О влиянии температуры на коррозионную стойкость алюминия в кислых средах / Б.А. Хитров, В.И. Шаталова // ЖПХ. – Т. 34, вып. 5. – 1961. – С. 149–154.
13. Лукашев, Е.А. Электрохимическая коррозия / Е.А. Лукашев, Г.Н. Лукашева, И.П. Соколов. – М.: МГУС, 2002. – 68 с.
14. Герасимов, В.В. Коррозия алюминия и его сплавов / В.В. Герасимов. – М.: Металлургия, 1967. – 468 с.
15. Pourbaix, M. Atlas d'equilibres electrochimique / M. Pourbaix // Plenum Press. – Paris, 1963.
16. Томашов, Н.Д. Пассивность и защита металлов от коррозии / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 188 с.
17. Ярославский, З.Я. Исследования работы электролитических коагуляторов небольшой производительности: в тр. ВНИИГ / З.Я. Ярославский. – М.: Колос, 1965. – Т. 45. – С.108–115.
18. Акимов, Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов / Г.В. Акимов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 224 с.
19. Яловая, Н.П. Исследование электрохимического удаления загрязнений из поверхностных вод / Н.П. Яловая, П.П. Строкач // Вестник БрГТУ. – 2004. – № 2(26): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. – С. 57–60.
20. Способ депассивации алюминиевых электродов при электрохимической очистке природной воды: заявка № а20080214 от 20.02.2009. Респ. Беларусь, СО2F1/463, СО2F9/06 / Н.П. Яловая, П.П. Строкач; заявитель Брестск. гос. технич. ун-т; заявл. 27.02.08.

Материал поступил в редакцию 11.03.09

#### YALOVAJA N.P. Activation of electrochemical process of dissolution of the aluminium anode

The characteristic of anode passivity of metals, the analysis and critical consideration of the nature of passivation of the aluminium anode is resulted. Researches have shown that is the most effective electrolysis proceeds at use of a cathodic material from stainless steel and increase in water of concentration of chlorides-ions to 0,25 mmol/dm<sup>3</sup> from the general mineralization of water. Thus the exit on a current protses-sa anode dissolution of aluminium at the expense of its active electrochemical and himiche-skogo dissolution considerably raises, and electrogeneration coagulant hydroxide aluminium amplifies.

УДК 543.3:628.16

Головач А.П.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА КОАГУЛЯЦИОННУЮ ПРЕДОЧИСТКУ В ПРОЦЕССЕ МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

**Введение.** Начало применения мембранных методов водоподготовки (микро- и ультрафильтрация) связано с источниками воды достаточно высокого качества, имевшими малую мутность и требовавшими минимальной очистки. Для устранения мутности было доста-

точно только мембранной фильтрации, не было необходимости в применении дополнительных методов обработки воды. Успешное применение мембранной фильтрации позволило распространить данную технологию на воду, требующую более глубокой очистки, и в

Головач Анна Петровна, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, г. Брест, 224017, ул. Московская, 267.